

추가된 체성 감각에 의한 선형 운동 지각 변화 Linear Motion Perception under Additional Somatosensation

*이용우, #박수경

*Y. W. Yi, #S. K. Park(sukyungp@kaist.ac.kr)

한국과학기술원 기계공학과

Key words : Motion Perception, Somatosensation, Sensory Substitution, Balance

1. 서론

감각기 손상에 의한 균형 기능 이상이 발생시, 감각 회복이 불가능한 경우에 감각치환(sensory substitution)을 이용하여 이를 보완 가능하다. 감각 치환은 하나의 감각 형태가 다른 형태의 감각으로 전환되어 사용되는 것으로, 인공 감각 기관(prosthesis)을 이용하여 손실된 감각 정보와 동일한 정보를 습득하고, 이를 정상 감각기에서 수용 가능한 감각 정보 형태로 제공하는 방법이 다양하게 연구되고 있다^{1,2}. 이와 같이 추가 감각 정보를 제공하여 균형 능력을 보완 하고자 한 기존의 연구들은 대부분 정적인 상태인 직립 자세의 안정성 증가에 관한 것으로, 동적 환경 및 운동 지각 능력에 대한 연구는 미비하다. 또한 동적 환경에서의 연구는 정량적 평가보다 전반적인 자세의 이상 유무를 알려주는 수준에서 진행되어 왔다. 특히, 정적인 연구와 동적인 연구 모두, 추가된 감각 정보를 사용하기 위하여 1시간 이상의 훈련을 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 감각치환을 통하여 추가로 감각 정보가 제공되었을 때, 운동지각 능력에 미치는 영향을 정량적으로 평가하고자 하였다. 이때 운동 지각 능력에 영향을 미치는 것으로 알려진 하지 체성 감각이 저하된 경우에 추가 감각 정보를 통하여 운동 지각 능력이 향상될 수 있는지를 확인하였다. 또한 제공하는 추가 감각 정보를 기존 연구들과 비교하여, 보다 직관적인 형태로 제공하였을 때 장시간의 훈련 과정 없이 적용 가능한지도 동시에 확인하고자 하였다.

2. 실험

실험은 균형 감각에 이상 병력이 없다고

설문에 응한 7명의 20~27 세(연령: 23.0 ± 2.2)의 건강한 청년 지원자를 대상으로 수행하였다. 이들은 카이스트 생명윤리심의위원회(IRB)의 승인을 받은 실험 참가 동의서를 검토하고 이에 서명하였다.

감각 치환을 통한 추가 감각 정보는 발바닥을 진동하는 형태로 제공하였다. 직립 자세에서 인체의 압력중심(COP)을 측정하여, 이를 지각 가능하도록 피험자 발 밑에 설치된 진동기를 구동하여 피드백 하는 시스템을 구축하였다. COP의 위치가 기준점에서 멀어질수록 진동 크기가 계단식으로 커지도록 하였다. 각 발의 진동기는 개별적으로 또는 동시에 진동 가능하도록 제작하여 방향성 정보를 제공할 수 있도록 하였다.

실험 조건은 다음과 같이 네 가지로 구성하였다. 기준이 되는 통제조건(CC)에서 피험자는 맨발로 실험을 수행하였다. 발바닥 체성 감각이 저하된 상태를 모사한 제한 조건(RC)에서는 압박대를 사용하여 허혈을 유발한 상태로 실험을 수행하였다. 추가 감각 정보를 제공하기 위한 감각치환조건은, 압력중심의 위치에 무관하게 양 발의 진동기를 동시에 가진하여, 신체의 기울어짐 정보가 운동 방향성 지각에 영향을 주는지 평가한 조건1(SC1)과, COP의 좌우 위치에 따라 각 발의 가진기를 개별적으로 구동하여, 이때의 정보가 운동 방향 지각에 도움이 되는지를 확인한 조건2(SC2)로 구성하였다. 두 가지 감각 치환 조건은 모두 압박대를 착용하여 허혈을 유도한 상태로 수행하였다.

실험자극으로 0.25Hz의 단일 정현파 형태의 가속도를 사용하였다. 실험자극의 시작 크기는 1mG로 결정하였으며, 개별 실험 자극에 대한

피험자의 응답에 따라 다음에 주어질 가속도의 크기는 Modified-PEST 규칙으로 변하도록 하였다. 각 실험 자극에 따라 피험자가 서있는 지지면이 피험자의 왼쪽 또는 오른쪽으로 이동하게 되고, 피험자는 이동이 완료된 후 자신이 움직였다고 지각한 방향을 손에 들고 있는 버튼을 눌러서 보고하도록 하였다. 각 실험 조건들은 1회씩 수행되었으며, 실험 조건들의 순서는 무작위로 배열하였다. 모든 조건에서 직립 자세의 동일성을 확보하기 위하여, 피험자의 발 위치는 양 발 간격 8cm, 외전 방향으로 5° 외반 시킨 상태를 유지하도록 하였다.

3. 결과

압박대를 사용하여 발바닥 감각을 저하시킨 경우 선형 운동 지각 역치가 유의하게 증가하였다($p < 0.05$)(Fig. 1). 통제 조건(CC)의 경우 선형 운동 지각 역치는 1.47 mG (± 0.41) 였으나, 제한 조건에서는 2.09 mG (± 0.80) 로 증가하였다 따라서 압박대를 사용하여 발바닥의 체성 감각을 저하시켰을 경우 선형 운동 방향 지각 능력 또한 저하되는 것을 확인 할 수 있었으며, 이 변화 정도는 선형 연구들의 결과와 비슷한 범위를 가진다³. 제한조건(RC)과 비교하여 양 발의 진동기를 동시에 가진한 감각치환 조건1(SC1)에서는 운동 지각 역치의 변화가 나타나지 않았다. 이는 신체가 기울어졌다는 정보만을 제공하여서는 운동 방향 지각에는 도움이 되지 않는다는 것을 의미한다. SC1과 달리 COP의 좌·우 위치에 따라 COP가 위치한 방향의 진동기 만을 가진한 감각치환 조건 2(SC2)에서는 1.40 mG (± 0.37) 로 RC에 비하여, 운동 지각 능력이 향상되었으며 이때의 향상 정도는 감각을 저하시키지 않은 상태(CC)와 비슷하다. 따라서 신체가 기울어 지는 정도에, 기울어 지는 방향 정보를 추가로 제공해 주는 경우 선형 운동 방향 지각 능력에 향상 되었음을 확인 할 수 있다.

4. 결론

추가로 제공한 감각 정보를 이용하여 운동 지각 능력 향상 가능 여부를 확인하기 위하여, 신체의 기울어진 정도를 발바닥의 피부 진

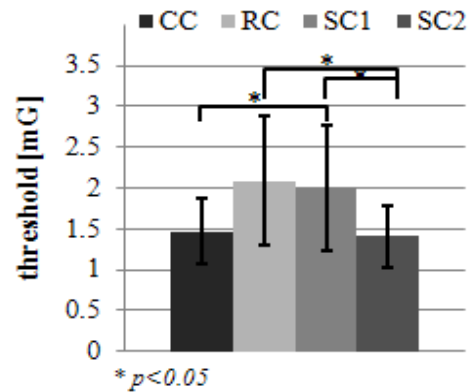


Fig. 1 Thresholds of directional linear motion perception

동 감각의 형태로 감각 치환하여 추가 제공하고 이때의 선형 운동 방향 지각 역치를 측정하였다. 하지 감각이 저하되어 운동 지각 능력이 저하된 경우 직관적으로 주어진 추가 감각 정보를 통하여, 장시간의 적응 훈련을 거치지 않고도 운동 지각 능력의 향상을 이끌어 낼 수 있었다. 이러한 결과에 따라 향상 시키고자 목적하는 지각에 포함되는 감각 정보들의 취득 과정을 고려하여 직관적인 형태의 추가 감각 정보를 제공할 경우, 착용시 바로 적용 가능한 운동 지각 능력 향상을 위한 인공감각장치 개발이 가능할 것이다.

후기

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전사업의 지원을 받아 수행된 연구입니다 (No. 2010-0020488).

참고문헌

1. Bach-y-Rita, P., "Tactile sensory substitution studies," Ann N Y Acad Sci, 1013, 83-91, 2004.
2. Peterka, R.J., Wall, C., 3rd, and Kentala, E., "Determining the effectiveness of a vibrotactile balance prosthesis," J Vestib Res, 16, 45-56, 2006.
3. Yi, Y. and Park, S., "Effect of reduced cutaneous cues on motion perception and postural control," Exp Brain Res, 195, 361-369, 2009.